

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

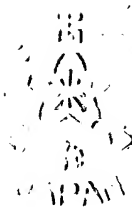
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 3 年   4 月 1 0 日  
Date of Application:

出 願 番 号            特 願 2 0 0 3 - 1 0 5 9 8 0  
Application Number:  
[ST. 10/C] :            [ J P 2 0 0 3 - 1 0 5 9 8 0 ]

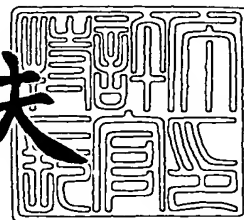
出      願      人            株式会社エルモ社  
Applicant(s):



2 0 0 3 年 1 0 月   7 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号    出証特 2 0 0 3 - 3 0 8 2 4 2 4

【書類名】 特許願

【整理番号】 PA09F768

【提出日】 平成15年 4月10日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 G02B 5/28

【発明者】

    【住所又は居所】 名古屋市瑞穂区明前町 6 番 1 4 号 株式会社エルモ社内

    【氏名】 近藤 康寛

【特許出願人】

    【識別番号】 000000424

    【氏名又は名称】 株式会社エルモ社

【代理人】

    【識別番号】 110000028

    【氏名又は名称】 特許業務法人 明成国際特許事務所

    【代表者】 下出 隆史

    【電話番号】 052-218-5061

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 133917

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

    【包括委任状番号】 0105820

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 赤外線カットフィルタおよびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 高屈折率材料から成る高屈折率薄膜と、低屈折率材料から成る低屈折率薄膜とが交互に複数積層された多層膜を、透明基板上に成膜した赤外線カットフィルタであって、

前記多層膜は、16以上32以下の前記薄膜の層から構成され、

前記多層膜の前記透明基板側から第1層は、前記高屈折率薄膜であり、

前記多層膜の最終層は、前記低屈折率薄膜であり、

設計波長を $\lambda$ とするとき、

前記多層膜の前記透明基板側から第1層および第2層は、 $(\lambda/4)$ 以上の光学膜厚で成膜され、

前記多層膜の前記透明基板側から第3層ないし所定の層は、 $(\lambda/4)$ 以下の光学膜厚で成膜され、

前記所定の層と前記最終層との間の層は、 $(\lambda/4)$ 以上の光学膜厚で成膜され、

前記最終層は、 $(\lambda/4)$ 以下の光学膜厚で成膜された赤外線カットフィルタ。

【請求項 2】 前記所定の層は、前記多層膜の前記透明基板側から第6層または第7層である請求項1記載の赤外線カットフィルタ。

【請求項 3】 前記高屈折率薄膜は、 $\text{TiO}_2$ から成り、  
前記低屈折率薄膜は、 $\text{SiO}_2$ または $\text{MgF}_2$ から成る  
請求項1または2記載の赤外線カットフィルタ。

【請求項 4】 中間屈折率材料から成る中間屈折率薄膜を、前記透明基板と前記多層膜との間に設けた請求項1ないし3のいずれか記載の赤外線カットフィルタ。

【請求項 5】 前記中間屈折率薄膜は、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ から成る請求項4記載の赤外線カットフィルタ。

【請求項 6】 波長550nmから750nmにかけて透過率が漸減する透

過率特性を有する請求項 1 ないし 5 のいずれか記載の赤外線カットフィルタ。

【請求項 7】 高屈折率材料から成る高屈折率薄膜と、低屈折率材料から成る低屈折率薄膜とが交互に複数積層された多層膜を、透明基板上に成膜した赤外線カットフィルタの製造方法であって、

16 以上 32 以下の前記多層膜を構成する前記薄膜を、前記透明基板上に積層する工程を有し、

設計波長を  $\lambda$  とするとき、

前記多層膜の前記透明基板側から第 1 層は、前記高屈折率薄膜を  $(\lambda/4)$  以上の光学膜厚で成膜し、

前記多層膜の前記透明基板側から第 2 層は、前記低屈折率薄膜を  $(\lambda/4)$  以上の光学膜厚で成膜し、

前記多層膜の前記透明基板側から第 3 層ないし所定の層は、各々の前記薄膜を  $(\lambda/4)$  以下の光学膜厚で成膜し、

前記所定の層と、前記多層膜の前記透明基板側から最終層との間の層は、各々の前記薄膜を  $(\lambda/4)$  以上の光学膜厚で成膜し、

前記最終層は、前記低屈折率薄膜を  $(\lambda/4)$  以下の光学膜厚で成膜する赤外線カットフィルタの製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、固体撮像素子等を備えた撮像機器に用いられる赤外線カットフィルタおよびその製造方法に関し、詳しくは、光学多層膜を用いた反射タイプの赤外線カットフィルタおよびその製造方法に関する。

##### 【0002】

#### 【従来の技術】

人間の視覚が波長 700 ナノメートル（以下、nm と表記する）程度を超える赤外線を感じない感度特性であるのに対し、CCD (Charge Coupled Device) は波長 1100 nm 程度までの赤外線を感じる感度特性を有する。そのため、CCD などの固体撮像素子等を備えた撮像機器には、赤外線カットフィルタが用いら

れている。この赤外線カットフィルタは、可視光を透過するとともに、赤外線の透過を抑制する特性を有する。これによって、撮像機器は、CCD等による赤外線の撮像を抑制し、人間の視覚の感度特性に近い画像を得ることができる。

#### 【0003】

赤外線カットフィルタとしては、吸収タイプと反射タイプとがある。このうち吸収タイプの赤外線カットフィルタは、赤外線を吸収する金属イオンをガラスに含有させたものである。この吸収タイプは、波長550nmから750nmにかけて透過率が漸減する透過率特性を有する。この透過率特性によって、人間の視覚の感度特性に近い自然な色再現が可能であるが、良好な透過率特性を得るためには、ガラスの厚さを所定の厚み以上にする必要があり、撮像機器のコンパクト化を困難にしていた。

#### 【0004】

一方、反射タイプの赤外線カットフィルタは、赤外線を反射する光学多層膜をガラスに成膜したものである。この反射タイプは、撮像機器が備える他の光学部品に多層膜をコーティングすることによって実現でき、多層膜の厚さも薄いため、撮像機器をコンパクトにすることは容易である。しかし、通常の光学多層膜フィルタは、透過帯域から不透過帯域にかけて透過率が急減する透過率特性であるため、人間の視覚の感度特性に近い自然な色再現が困難であるという問題があった。

#### 【0005】

従来、かかる透過率特性の問題を解決した反射タイプの赤外線カットフィルタが知られている。この赤外線カットフィルタは、34層以上で構成された光学多層膜の各層をそれぞれ所定の光学膜厚で成膜することによって、吸収タイプの赤外線カットフィルタと同様に波長550nmから750nmにかけて透過率が漸減する透過率特性を有する。

#### 【0006】

下記文献には、波長550nmから750nmにかけて透過率が漸減する透過率特性を有する反射タイプの赤外線カットフィルタが記載されている。

#### 【特許文献1】

特開 2 0 0 0 - 3 1 4 8 0 8 号公報

【 0 0 0 7 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、かかる反射タイプの赤外線カットフィルタは、3 4 層以上と多くの薄膜の層によって光学多層膜を構成する必要がある。そのため、各層に生じる成膜時の光学膜厚のばらつきが、光学多層膜全体としての透過率特性に与える影響が大きくなってしまふ。その結果、安定した透過率特性を有する製品を製造することが困難であつた。したがって、かかる赤外線カットフィルタの製造にかかる時間やコストが増加してしまふ問題があつた。

【 0 0 0 8 】

本発明は、上記した問題点を解決するためになされたものであり、製造にかかる時間やコストを削減し、製造効率を向上させることができる反射タイプの赤外線カットフィルタおよびその製造方法を提供することを目的とする。

【 0 0 0 9 】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】

上記した課題を解決するため、本発明の赤外線カットフィルタは、高屈折率材料から成る高屈折率薄膜と、低屈折率材料から成る低屈折率薄膜とが交互に複数積層された多層膜を、透明基板上に成膜した赤外線カットフィルタであつて、前記多層膜は、1 6 以上 3 2 以下の前記薄膜の層から構成され、前記多層膜の前記透明基板側から第 1 層は、前記高屈折率薄膜であり、前記多層膜の最終層は、前記低屈折率薄膜であり、設計波長を  $\lambda$  とするとき、前記多層膜の前記透明基板側から第 1 層および第 2 層は、 $(\lambda / 4)$  以上の光学膜厚で成膜され、前記多層膜の前記透明基板側から第 3 層ないし所定の層は、 $(\lambda / 4)$  以下の光学膜厚で成膜され、前記所定の層と前記最終層との間の層は、 $(\lambda / 4)$  以上の光学膜厚で成膜され、前記最終層は、 $(\lambda / 4)$  以下の光学膜厚で成膜されたことを特徴とする。

【 0 0 1 0 】

かかる赤外線カットフィルタによれば、1 6 層以上 3 2 層以下の光学多層膜によつても、波長 5 5 0 n m から 7 5 0 n m にかけて透過率が漸減する透過率特性

を得ることができる。そのため、光学薄膜を34層以上積層していた従来の赤外線カットフィルタと比べて、各層に生じる成膜時の光学膜厚のばらつきが透過率特性に与える影響を抑制することができる。その結果、安定した製品を製造する困難性を緩和することができる。したがって、赤外線カットフィルタの製造にかかる時間やコストを削減し、製造効率を向上させることができる。

#### 【0011】

上記の構成を有する本発明の赤外線カットフィルタは、以下の態様を採ることもできる。前記所定の層は、前記多層膜の前記透明基板側から第6層または第7層とすることができる。かかる赤外線カットフィルタによれば、人間の視覚により近い透過率特性を得ることができる。

#### 【0012】

また、中間屈折率材料から成る中間屈折率薄膜を、前記透明基板と前記多層膜との間に設けても良い。かかる赤外線カットフィルタによれば、剥離材を用いて透明基板と多層膜とを容易に剥離することができる。その結果、多層膜の成膜を失敗した場合であっても、再成膜を容易に行うことができる。また、透明基板と多層膜との密着性を向上させることができる。また、透明基板と第1層の高屈折率薄膜との屈折率差に起因する可視帯域における透過率のリップルを抑制することができる。

#### 【0013】

また、前記高屈折率薄膜は、 $TiO_2$ から成り、前記低屈折率薄膜は、 $SiO_2$ または $MgF_2$ から成るとしても良い。また、前記中間屈折率薄膜は、 $Al_2O_3$ から成るとしても良い。これらの材料の成膜技術は、一般に知られ実施されている。そのため、特殊な成膜技術を用いることなく既存設備を利用して製造することができる。

#### 【0014】

また、本発明の赤外線カットフィルタの製造方法は、高屈折率材料から成る高屈折率薄膜と、低屈折率材料から成る低屈折率薄膜とが交互に複数積層された多層膜を、透明基板上に成膜した赤外線カットフィルタの製造方法であって、16以上32以下の前記多層膜を構成する前記薄膜を、前記透明基板上に積層する工

程を有し、設計波長を $\lambda$ とすると、前記多層膜の前記透明基板側から第1層は、前記高屈折率薄膜を $(\lambda/4)$ 以上の光学膜厚で成膜し、前記多層膜の前記透明基板側から第2層は、前記低屈折率薄膜を $(\lambda/4)$ 以上の光学膜厚で成膜し、前記多層膜の前記透明基板側から第3層ないし所定の層は、各々の前記薄膜を $(\lambda/4)$ 以下の光学膜厚で成膜し、前記所定の層と、前記多層膜の前記透明基板側から最終層との間の層は、各々の前記薄膜を $(\lambda/4)$ 以上の光学膜厚で成膜し、前記最終層は、前記低屈折率薄膜を $(\lambda/4)$ 以下の光学膜厚で成膜することを特徴とする。

#### 【0015】

かかる赤外線カットフィルタの製造方法によれば、16層以上32層以下の多層膜を成膜することによって、波長550nmから750nmにかけて透過率が漸減する透過率特性を有する赤外線カットフィルタを製造することができる。そのため、光学薄膜を34層以上積層していた従来の赤外線カットフィルタと比べて、各層に生じる成膜時の光学膜厚のばらつきが透過率特性に与える影響を抑制することができる。その結果、安定した製品を製造する困難性を緩和することができる。したがって、赤外線カットフィルタの製造にかかる時間やコストを削減し、製造効率を向上させることができる。

#### 【0016】

##### 【発明の実施の形態】

以上説明した本発明の構成及び作用を一層明らかにするために、以下本発明を適用した赤外線カットフィルタの一実施形態について説明する。

#### 【0017】

はじめに、本発明の一形態である第1ないし第6の実施例における赤外線カットフィルタ10について説明する。図1は、第1ないし第6の実施例における赤外線カットフィルタ10の概略構成を示す説明図である。赤外線カットフィルタ10は、高屈折率材料から成る高屈折率薄膜210と、低屈折率材料から成る低屈折率薄膜220とが交互に複数積層された多層膜200を、ガラス基板100上に成膜して構成されている。この多層膜200は、16以上26以下のこれらの薄膜の層から構成されている。ガラス基板100側から数えて多層膜200の

第1層は高屈折率薄膜210であり、最終層（図1に示す第n層）は低屈折率薄膜220である。即ち、多層膜200は、16以上32以下の偶数の層から構成され、これらの層のうち、奇数層が高屈折率薄膜210であり、偶数層が低屈折率薄膜220である。以下の説明では、多層膜200を構成する薄膜の層を、ガラス基板100側から順に第1層、第2層、・・・、最終層という。

#### 【0018】

ガラス基板100は、透明な水晶である。なお、このガラス基板100は、光学ローパスフィルタなどの光学部品であっても良い。高屈折率薄膜210には、高屈折率材料として二酸化チタン（ $\text{TiO}_2$ ）が用いられている。低屈折率薄膜220には、低屈折率材料として二酸化ケイ素（ $\text{SiO}_2$ ）が用いられている。

#### 【0019】

次に、第1ないし第6の実施例における多層膜200を構成する各薄膜の光学膜厚について説明する。図2は、第1の実施例における16層の多層膜200を構成する各薄膜の光学膜厚の一例を示す説明図である。図3は、第2の実施例における18層の多層膜200を構成する各薄膜の光学膜厚の一例を示す説明図である。図4は、第3の実施例における20層の多層膜200を構成する各薄膜の光学膜厚の一例を示す説明図である。図5は、第4の実施例における22層の多層膜200を構成する各薄膜の光学膜厚の一例を示す説明図である。図6は、第5の実施例における24層の多層膜200を構成する各薄膜の光学膜厚の一例を示す説明図である。図7は、第6の実施例における26層の多層膜200を構成する各薄膜の光学膜厚の一例を示す説明図である。図2ないし図7には、多層膜200を構成する薄膜の層ごとに、「層」、「材料」、「光学膜厚」が示されている。この「光学膜厚」の値は、各層の内部での光の波長を1とした場合の厚さを示す。

#### 【0020】

図2ないし図7に示す多層膜200を構成する各薄膜は、設計波長 $\lambda$ を750nmとして、 $(\lambda/4)$ を中心とした光学膜厚で成膜されている。多層膜200の第1層および第2層は、 $(\lambda/4)$ 以上の光学膜厚で成膜されている。第3層ないし所定の層は、 $(\lambda/4)$ 以下の光学膜厚で成膜されている。この所定の層

は、図 4 に示す第 3 実施例における 20 層の多層膜 200 では第 7 層であり、第 3 実施例を除く多層膜 200 では第 6 層である。この所定の層と最終層との間の層は、 $(\lambda/4)$  以上の光学膜厚で成膜されている。最終層は、 $(\lambda/4)$  以下の光学膜厚で成膜されている。なお、各層の物理的な膜厚は、「(設計波長  $\lambda$ )  $\times$  (光学膜厚) / (薄膜の材料の屈折率)」で表される。ここで、二酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) の屈折率は、「約 2.3」であり、二酸化ケイ素 ( $\text{SiO}_2$ ) の屈折率は、「約 1.46」であることが知られている。

#### 【0021】

次に、第 1 ないし第 6 の実施例における赤外線カットフィルタ 10 の透過率特性について説明する。図 8 は、第 1 ないし第 6 の実施例における多層膜 200 を備えた赤外線カットフィルタ 10 のそれぞれの透過率特性を示す説明図である。図 8 は、横軸に光の波長をとり、縦軸に透過率をとる。図 8 中の曲線  $L_a \sim L_f$  は、図 2 ないし図 7 に示した多層膜 200 を備えた赤外線カットフィルタ 10 のそれぞれの透過率特性を示す。図 8 中の曲線  $L_g$  は、吸収タイプの赤外線カットフィルタの透過率特性を示す。即ち、曲線  $L_g$  は、人間の視覚の感度特性に近い自然な色再現をする上で理想的な透過率特性を示す。

#### 【0022】

図 8 に示すように、それぞれの赤外線カットフィルタ 10 の透過率特性  $L_a \sim L_f$  は、波長帯域 400 ~ 550 nm で透過率が 90 % 以上である。波長帯域 550 ~ 750 nm で透過率が漸減して、波長帯域 750 ~ 1050 nm で透過率がほぼ 10 % 以下に収まる。このように、第 1 ないし第 6 の実施例における赤外線カットフィルタ 10 の透過率特性  $L_a \sim L_f$  は、吸収タイプの赤外線カットフィルタの透過率特性  $L_g$  とほぼ同様の特性を有する。なお、図 8 から明らかな通り、より多くの薄膜の層で構成した多層膜 200 ほど、透過率特性のリップルを抑制することができる。

#### 【0023】

以上説明した第 1 ないし第 6 の実施例の赤外線カットフィルタ 10 によれば、16 層以上 26 層以下の多層膜 200 によっても、波長 550 nm から 750 nm にかけて透過率が漸減する透過率特性を得ることができる。そのため、光学薄

膜を 34 層以上積層していた従来の赤外線カットフィルタと比べて、各層に生じる成膜時の光学膜厚のばらつきが透過率特性に与える影響を抑制することができる。その結果、安定した製品を製造する困難性を緩和することができる。したがって、赤外線カットフィルタの製造にかかる時間やコストを削減し、製造効率を向上させることができる。なお、第 1 ないし第 6 の実施例では、16 層以上 26 層以下の多層膜 200 を示したが、28 層以上 32 層以下の多層膜 200 についても、同様の透過率特性を得ることができる。また、各層の光学膜厚の値は、図 2 ないし図 7 に示した値に限るものではなく、得ようとする透過率特性や製造効率などを考慮して、前述した各層の膜厚の条件範囲で種々の変更が可能である。

#### 【0024】

次に、第 7 および第 8 の実施例における赤外線カットフィルタ 10 について説明する。第 7 および第 8 の実施例における赤外線カットフィルタ 10 は、低屈折率薄膜 220 に低屈折率材料としてフッ化マグネシウム ( $\text{MgF}_2$ ) が用いられている点が第 2 および第 3 の実施例と異なり、その他の構成は同様である。第 7 および第 8 の実施例における赤外線カットフィルタ 10 の概略構成は、前述の図 1 に示した通りである。高屈折率薄膜 210 には、高屈折率材料として二酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) が用いられている。低屈折率薄膜 220 には、低屈折率材料として二酸化ケイ素 ( $\text{SiO}_2$ ) に変えてフッ化マグネシウム ( $\text{MgF}_2$ ) が用いられている。

#### 【0025】

次に、第 7 および第 8 の実施例における多層膜 200 を構成する各薄膜の光学膜厚について説明する。図 9 は、第 7 の実施例における 18 層の多層膜 200 を構成する各薄膜の光学膜厚の一例を示す説明図である。図 10 は、第 8 の実施例における 20 層の多層膜 200 を構成する各薄膜の光学膜厚の一例を示す説明図である。図 9 および図 10 には、多層膜 200 を構成する薄膜の層ごとに、「層」、「材料」、「光学膜厚」が示されている。この「光学薄膜」の値は、各層の内部での光の波長を 1 とした場合の厚さを示す。

#### 【0026】

図 9 および図 10 に示す多層膜 200 を構成する各薄膜は、設計波長  $\lambda$  を 75

0 nmとして、 $(\lambda/4)$ を中心とした光学膜厚で成膜されている。多層膜200の第1層および第2層は、 $(\lambda/4)$ 以上の光学薄膜で成膜されている。第3層ないし第6層は、 $(\lambda/4)$ 以下の光学膜厚で成膜されている。第6層と最終層との間の層は、 $(\lambda/4)$ 以上の光学膜厚で成膜されている。最終層は、 $(\lambda/4)$ 以下の光学膜厚で成膜されている。なお、各層の物理的な膜厚は、「(設計波長 $\lambda$ ) $\times$ (光学膜厚)/(薄膜の材料の屈折率)」で表される。ここで、二酸化チタン( $\text{TiO}_2$ )の屈折率は、「約2.3」であり、フッ化マグネシウム( $\text{MgF}_2$ )の屈折率は、「約1.38」であることが知られている。

#### 【0027】

次に、第7および第8の実施例における赤外線カットフィルタ10の透過率特性について説明する。図11は、第7および第8の実施例における多層膜200を備えた赤外線カットフィルタ10のそれぞれの透過率特性を示す説明図である。図11は、横軸に光の波長をとり、縦軸に透過率をとる。図11中の曲線Lhは、図9に示した第7実施例における多層膜200を備えた赤外線カットフィルタ10の透過率特性を示す。図11中の曲線Liは、図10に示した第8実施例における多層膜200を備えた赤外線カットフィルタ10の透過率特性を示す。図11中の曲線Lgは、吸収タイプの赤外線カットフィルタの透過率特性を示す。

#### 【0028】

図11に示すように、第7および第8の実施例における赤外線カットフィルタ10の透過率特性Lh, Liは、波長帯域400~550 nmで透過率が90%以上である。波長帯域550~750 nmで透過率が漸減して、波長帯域750~1050 nmで透過率がほぼ10%以下に収まる。このように、第7および第8の実施例における赤外線カットフィルタ10の透過率特性Lh, Liは、吸収タイプの赤外線カットフィルタの透過率特性Lgとほぼ同様の特性を有する。

#### 【0029】

以上説明した第7および第8の実施例の赤外線カットフィルタ10によれば、第1ないし第6の実施例と同様の効果を奏することができる。なお、第7および第8の実施例においては、18層および20層の多層膜200を示したが、16

よび 22 層以上 32 層以下の多層膜 200 についても、同様の透過率特性を得ることができる。また、各層の光学膜厚の値は、図 9 および図 10 に示した値に限るものではなく、得ようとする透過率特性や製造効率などを考慮して、前述した各層の膜厚の条件範囲で種々の変更が可能である。

#### 【0030】

次に、第 9 の実施例における赤外線カットフィルタ 30 について説明する。図 12 は、第 9 の実施例における赤外線カットフィルタ 30 の概略構成を示す説明図である。第 9 の実施例における赤外線カットフィルタ 30 は、ガラス基板 100 と多層膜 200 との間に中間屈折率材料から成る中間屈折率薄膜 300 を設けた点が、第 3 の実施例における赤外線カットフィルタ 10 と異なり、その他の構成は同様である。中間屈折率薄膜 300 には、中間屈折率材料として酸化アルミニウム ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) が用いられている。

#### 【0031】

次に、第 9 の実施例における多層膜 200 を構成する各薄膜の光学膜厚について説明する。図 13 は、第 9 の実施例における 1 層の中間屈折率薄膜 300 と 20 層の多層膜 200 とを構成する各薄膜の光学膜厚の一例を示す説明図である。図 13 には、多層膜 200 を構成する薄膜の層ごとに、「層」，「材料」，「光学膜厚」が示されている。この「光学薄膜」の値は、各層の内部での光の波長を 1 とした場合の厚さを示す。

#### 【0032】

図 13 に示す多層膜 200 を構成する各薄膜は、設計波長  $\lambda$  を 750 nm とし、 $(\lambda/4)$  を中心とした光学膜厚で成膜されている。中間屈折率薄膜 300 は、 $(\lambda/4)$  以下の光学膜厚で成膜されている。多層膜 200 の第 1 層および第 2 層は、 $(\lambda/4)$  以上の光学薄膜で成膜されている。第 3 層ないし第 6 層は、 $(\lambda/4)$  以下の光学膜厚で成膜されている。第 6 層と最終層との間の層は、 $(\lambda/4)$  以上の光学膜厚で成膜されている。最終層は、 $(\lambda/4)$  以下の光学膜厚で成膜されている。なお、各層の物理的な膜厚は、「(設計波長  $\lambda$ )  $\times$  (光学膜厚) / (薄膜の材料の屈折率)」で表される。ここで、二酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) の屈折率は「約 2.3」であり、二酸化ケイ素 ( $\text{SiO}_2$ ) の屈折率は「約 1.4

6」であり、酸化アルミニウム ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) の屈折率は「約1.64」であることが知られている。

#### 【0033】

次に、第9の実施例における赤外線カットフィルタ30の透過率特性について説明する。図14は、第9の実施例における赤外線カットフィルタ30の透過率特性を示す説明図である。図14は、横軸に光の波長をとり、縦軸に透過率をとる。図14中の曲線Lcは、図8に示した第3の実施例における20層の赤外線カットフィルタ10の透過率特性を示す。図14中の曲線Lc\*は、図13に示した第9の実施例における21層の赤外線カットフィルタ30の透過率特性を示す。図14中の曲線Lgは、吸収タイプの赤外線カットフィルタの透過率特性を示す。

#### 【0034】

図14に示すように、赤外線カットフィルタ30の透過率特性Lc\*は、波長帯域400～550nmで透過率が90%以上である。波長帯域550～750で透過率が漸減して、波長帯域750～1050nmで透過率がほぼ10%以下に収まる。このように、第9の実施例における赤外線カットフィルタ30の透過率特性Lc\*は、吸収タイプの赤外線カットフィルタの透過率特性Lgとほぼ同様の特性を有する。さらに、赤外線カットフィルタ30の透過率特性Lc\*は、第3の実施例における赤外線カットフィルタ10の透過率特性Lcと比べて、波長帯域400～550nmの可視光領域における透過率のリップルが小さい。

#### 【0035】

以上説明した第9の実施例における赤外線カットフィルタ30によれば、第3の実施例と同様の効果を奏する上、ガラス基板100と第1層の高屈折率薄膜210との屈折率差に起因する可視帯域における透過率のリップルを抑制することができる。また、剥離材を用いてガラス基板100と多層膜200とを容易に剥離することができる。その結果、多層膜200の成膜を失敗した場合であっても、再成膜を容易に行うことができる。また、ガラス基板100と多層膜200との密着性を向上させることができる。なお、第9の実施例においては、第3の実施例における20層の赤外線カットフィルタ10に中間屈折率薄膜300を設け

た構成としたが、16層以上32層以下の第1ないし第8の実施例における赤外線カットフィルタ10に中間屈折率薄膜300を設けても、同様の効果を奏することができる。また、各層の光学膜厚の値は、図13に示した値に限るものではなく、得ようとする透過率特性や製造効率などを考慮して、前述した各層の膜厚の条件範囲で種々の変更が可能である。

#### 【0036】

以上、本発明の実施の形態について説明したが、本発明はこうした実施の形態に何ら限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲内において様々な形態で実施し得ることは勿論である。例えば、ガラス基板100は水晶に限らず、高屈折率材料より屈折率の小さい基板であれば良いし、光学部品と一体化するのではなく、赤外線カットフィルタ単体としても良い。また、高屈折率材料には二酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) に限らず、五酸化タンタル ( $\text{Ta}_2\text{O}_5$ )、二酸化ジルコニウム ( $\text{ZrO}_2$ )、二酸化ハフニウム ( $\text{HfO}_2$ ) 等を用いても良い。また、低屈折率材料には、二酸化ケイ素 ( $\text{SiO}_2$ )、フッ化マグネシウム ( $\text{MgF}_2$ ) 等を用いても良い。また、低屈折率材料に代えて中間屈折率材料である酸化アルミニウム ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 等を用いても良い。また、これらの材料は、それぞれ単独としてではなく混合物として用いても良い。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 第1ないし第6の実施例における赤外線カットフィルタ10の概略構成を示す説明図である。

【図2】 第1の実施例における16層の多層膜200を構成する各薄膜の光学膜厚の一例を示す説明図である。

【図3】 第2の実施例における18層の多層膜200を構成する各薄膜の光学膜厚の一例を示す説明図である。

【図4】 第3の実施例における20層の多層膜200を構成する各薄膜の光学膜厚の一例を示す説明図である。

【図5】 第4の実施例における22層の多層膜200を構成する各薄膜の光学膜厚の一例を示す説明図である。

【図6】 第5の実施例における24層の多層膜200を構成する各薄膜の

光学膜厚の一例を示す説明図である。

【図 7】 第 6 の実施例における 2 6 層の多層膜 2 0 0 を構成する各薄膜の光学膜厚の一例を示す説明図である。

【図 8】 第 1 ないし第 6 の実施例における多層膜 2 0 0 を備えた赤外線カットフィルタ 1 0 のそれぞれの透過率特性を示す説明図である。

【図 9】 第 7 の実施例における 1 8 層の多層膜 2 0 0 を構成する各薄膜の光学膜厚の一例を示す説明図である。

【図 1 0】 第 8 の実施例における 2 0 層の多層膜 2 0 0 を構成する各薄膜の光学膜厚の一例を示す説明図である。

【図 1 1】 第 7 および第 8 の実施例における多層膜 2 0 0 を備えた赤外線カットフィルタ 1 0 のそれぞれの透過率特性を示す説明図である。

【図 1 2】 第 9 の実施例における赤外線カットフィルタ 3 0 の概略構成を示す説明図である。

【図 1 3】 第 9 の実施例における 1 層の中間屈折率薄膜 3 0 0 と 2 0 層の多層膜 2 0 0 とを構成する各薄膜の光学膜厚の一例を示す説明図である。

【図 1 4】 第 9 の実施例における赤外線カットフィルタ 3 0 の透過率特性を示す説明図である。

【符号の説明】

1 0 , 3 0 …赤外線カットフィルタ

1 0 0 …ガラス基板

2 0 0 …多層膜

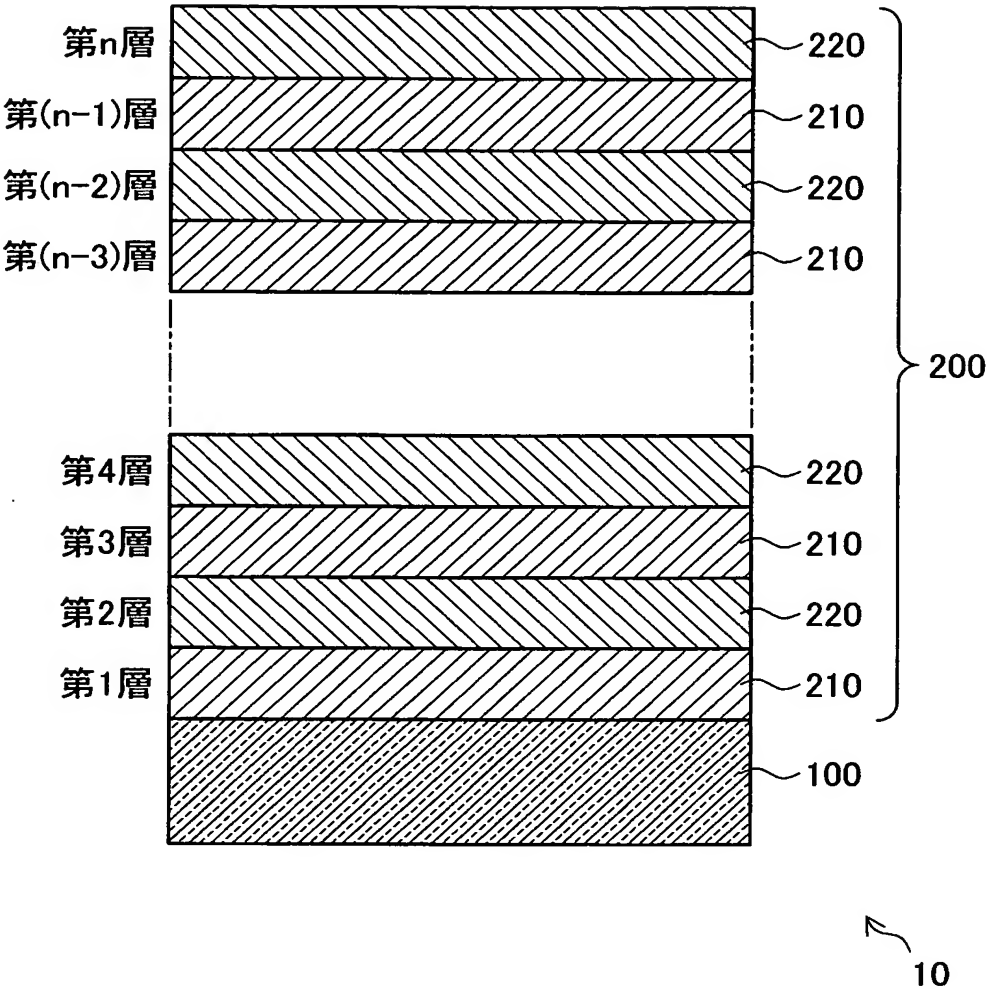
2 1 0 …高屈折率薄膜

2 2 0 …低屈折率薄膜

3 0 0 …中間屈折率薄膜

【書類名】 図面

【図 1】



【図 2】

〈16層( $\lambda=750\text{nm}$ )〉

層	材料	光学膜厚	
1	TiO <sub>2</sub>	0.2707	} $\geq (4/\lambda)$
2	SiO <sub>2</sub>	0.2577	
3	TiO <sub>2</sub>	0.2115	} $\leq (4/\lambda)$
4	SiO <sub>2</sub>	0.2287	
5	TiO <sub>2</sub>	0.2323	
6	SiO <sub>2</sub>	0.2476	
7	TiO <sub>2</sub>	0.2729	} $\geq (4/\lambda)$
8	SiO <sub>2</sub>	0.2885	
9	TiO <sub>2</sub>	0.3011	
10	SiO <sub>2</sub>	0.3196	
11	TiO <sub>2</sub>	0.3238	
12	SiO <sub>2</sub>	0.3304	
13	TiO <sub>2</sub>	0.3372	
14	SiO <sub>2</sub>	0.3265	
15	TiO <sub>2</sub>	0.3064	} $\leq (4/\lambda)$
16	SiO <sub>2</sub>	0.1402	

(第1実施例)

【図 3】

〈18層(  $\lambda=750\text{nm}$ )〉

層	材料	光学膜厚	
1	TiO <sub>2</sub>	0.2643	} $\geq (4/\lambda)$
2	SiO <sub>2</sub>	0.2574	
3	TiO <sub>2</sub>	0.2181	} $\leq (4/\lambda)$
4	SiO <sub>2</sub>	0.2268	
5	TiO <sub>2</sub>	0.2298	} $\leq (4/\lambda)$
6	SiO <sub>2</sub>	0.2401	
7	TiO <sub>2</sub>	0.2654	} $\leq (4/\lambda)$
8	SiO <sub>2</sub>	0.2724	
9	TiO <sub>2</sub>	0.2799	} $\leq (4/\lambda)$
10	SiO <sub>2</sub>	0.2942	
11	TiO <sub>2</sub>	0.3172	} $\geq (4/\lambda)$
12	SiO <sub>2</sub>	0.3240	
13	TiO <sub>2</sub>	0.3341	} $\geq (4/\lambda)$
14	SiO <sub>2</sub>	0.3340	
15	TiO <sub>2</sub>	0.3331	} $\geq (4/\lambda)$
16	SiO <sub>2</sub>	0.3193	
17	TiO <sub>2</sub>	0.3004	} $\leq (4/\lambda)$
18	SiO <sub>2</sub>	0.1455	

(第2実施例)

【図 4】

〈20層( $\lambda=750\text{nm}$ )〉

層	材料	光学膜厚	
1	TiO <sub>2</sub>	0.2726	} $\geq (4/\lambda)$
2	SiO <sub>2</sub>	0.2567	
3	TiO <sub>2</sub>	0.2203	} $\leq (4/\lambda)$
4	SiO <sub>2</sub>	0.2370	
5	TiO <sub>2</sub>	0.2197	} $\leq (4/\lambda)$
6	SiO <sub>2</sub>	0.2404	
7	TiO <sub>2</sub>	0.2462	} $\leq (4/\lambda)$
8	SiO <sub>2</sub>	0.2786	
9	TiO <sub>2</sub>	0.2838	} $\leq (4/\lambda)$
10	SiO <sub>2</sub>	0.2773	
11	TiO <sub>2</sub>	0.2998	} $\geq (4/\lambda)$
12	SiO <sub>2</sub>	0.3232	
13	TiO <sub>2</sub>	0.3159	} $\geq (4/\lambda)$
14	SiO <sub>2</sub>	0.3300	
15	TiO <sub>2</sub>	0.3352	} $\geq (4/\lambda)$
16	SiO <sub>2</sub>	0.3349	
17	TiO <sub>2</sub>	0.3397	} $\geq (4/\lambda)$
18	SiO <sub>2</sub>	0.3162	
19	TiO <sub>2</sub>	0.3105	} $\leq (4/\lambda)$
20	SiO <sub>2</sub>	0.1527	

(第3実施例)

【図 5】

〈22層( $\lambda=750\text{nm}$ )〉

層	材料	光学膜厚	
1	TiO <sub>2</sub>	0.2695	} $\geq (4/\lambda)$
2	SiO <sub>2</sub>	0.2561	
3	TiO <sub>2</sub>	0.2167	} $\leq (4/\lambda)$
4	SiO <sub>2</sub>	0.2351	
5	TiO <sub>2</sub>	0.2204	} $\leq (4/\lambda)$
6	SiO <sub>2</sub>	0.2435	
7	TiO <sub>2</sub>	0.2525	} $\leq (4/\lambda)$
8	SiO <sub>2</sub>	0.2749	
9	TiO <sub>2</sub>	0.2767	} $\leq (4/\lambda)$
10	SiO <sub>2</sub>	0.2727	
11	TiO <sub>2</sub>	0.2985	} $\leq (4/\lambda)$
12	SiO <sub>2</sub>	0.3100	
13	TiO <sub>2</sub>	0.3108	} $\geq (4/\lambda)$
14	SiO <sub>2</sub>	0.3245	
15	TiO <sub>2</sub>	0.3221	} $\geq (4/\lambda)$
16	SiO <sub>2</sub>	0.3241	
17	TiO <sub>2</sub>	0.3424	} $\geq (4/\lambda)$
18	SiO <sub>2</sub>	0.3321	
19	TiO <sub>2</sub>	0.3393	} $\geq (4/\lambda)$
20	SiO <sub>2</sub>	0.3227	
21	TiO <sub>2</sub>	0.3095	} $\leq (4/\lambda)$
22	SiO <sub>2</sub>	0.1551	

(第4実施例)

【図 6】

〈24層( $\lambda=750\text{nm}$ )〉

層	材料	光学膜厚	
1	TiO <sub>2</sub>	0.2711	} $\geq (4/\lambda)$
2	SiO <sub>2</sub>	0.2559	
3	TiO <sub>2</sub>	0.2103	
4	SiO <sub>2</sub>	0.2362	} $\leq (4/\lambda)$
5	TiO <sub>2</sub>	0.2230	
6	SiO <sub>2</sub>	0.2417	
7	TiO <sub>2</sub>	0.2560	} $\geq (4/\lambda)$
8	SiO <sub>2</sub>	0.2686	
9	TiO <sub>2</sub>	0.2732	
10	SiO <sub>2</sub>	0.2685	
11	TiO <sub>2</sub>	0.2894	
12	SiO <sub>2</sub>	0.3020	
13	TiO <sub>2</sub>	0.3027	
14	SiO <sub>2</sub>	0.3210	
15	TiO <sub>2</sub>	0.3258	
16	SiO <sub>2</sub>	0.3229	
17	TiO <sub>2</sub>	0.3337	
18	SiO <sub>2</sub>	0.3264	
19	TiO <sub>2</sub>	0.3449	
20	SiO <sub>2</sub>	0.3411	
21	TiO <sub>2</sub>	0.3417	
22	SiO <sub>2</sub>	0.3203	} $\leq (4/\lambda)$
23	TiO <sub>2</sub>	0.3067	
24	SiO <sub>2</sub>	0.1517	

(第5実施例)

【図 7】

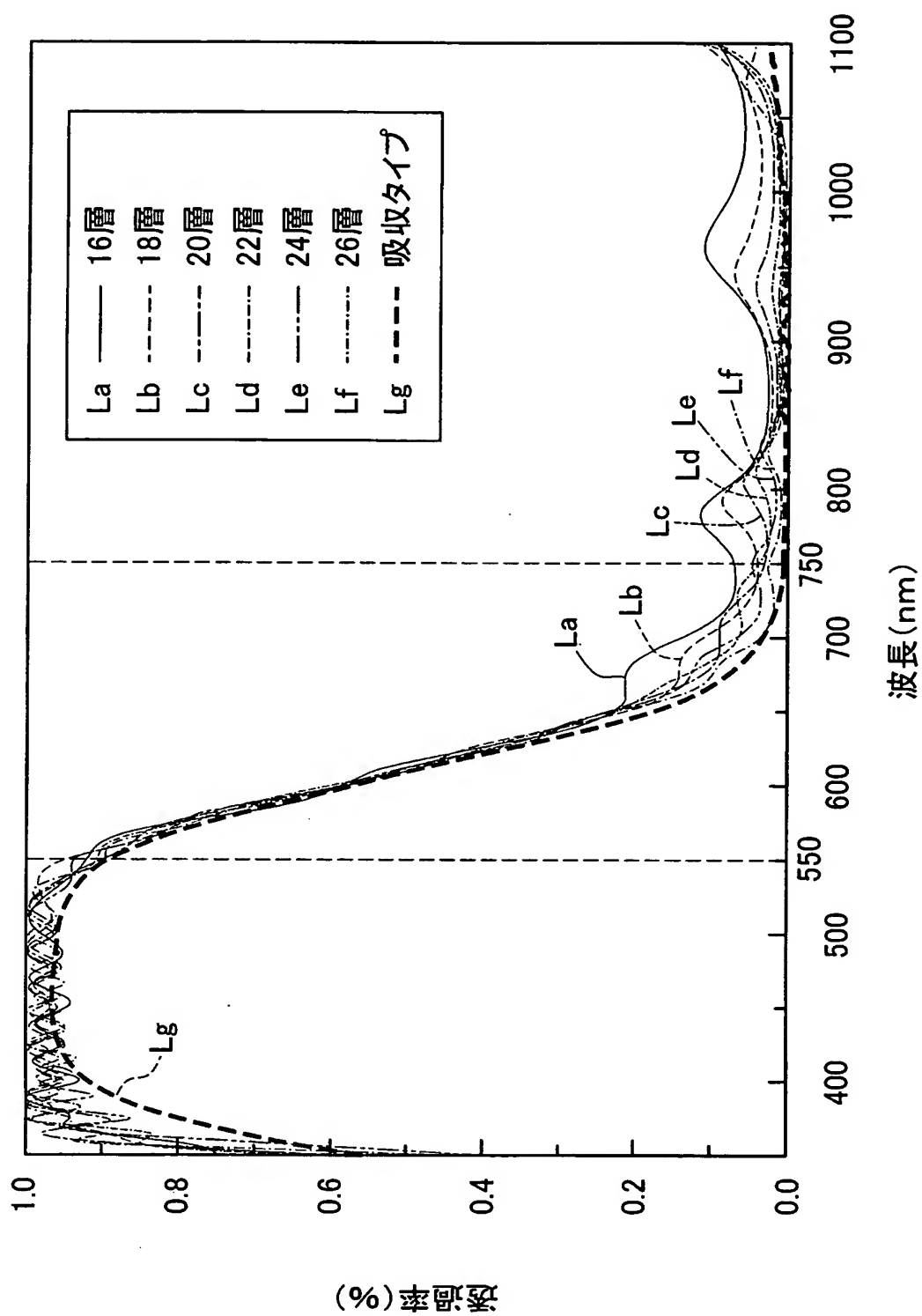
〈26層( $\lambda=750\text{nm}$ )〉

層	材料	光学膜厚	
1	TiO <sub>2</sub>	0.2680	} $\geq (4/\lambda)$
2	SiO <sub>2</sub>	0.2560	
3	TiO <sub>2</sub>	0.2139	
4	SiO <sub>2</sub>	0.2257	} $\leq (4/\lambda)$
5	TiO <sub>2</sub>	0.2308	
6	SiO <sub>2</sub>	0.2377	
7	TiO <sub>2</sub>	0.2593	}
8	SiO <sub>2</sub>	0.2591	
9	TiO <sub>2</sub>	0.2655	
10	SiO <sub>2</sub>	0.2604	}
11	TiO <sub>2</sub>	0.2724	
12	SiO <sub>2</sub>	0.2812	
13	TiO <sub>2</sub>	0.2832	}
14	SiO <sub>2</sub>	0.2958	
15	TiO <sub>2</sub>	0.3152	
16	SiO <sub>2</sub>	0.3221	} $\geq (4/\lambda)$
17	TiO <sub>2</sub>	0.3297	
18	SiO <sub>2</sub>	0.3277	
19	TiO <sub>2</sub>	0.3277	}
20	SiO <sub>2</sub>	0.3320	
21	TiO <sub>2</sub>	0.3433	
22	SiO <sub>2</sub>	0.3362	}
23	TiO <sub>2</sub>	0.3322	
24	SiO <sub>2</sub>	0.3119	
25	TiO <sub>2</sub>	0.3010	}
26	SiO <sub>2</sub>	0.1480	

 $\leq (4/\lambda)$ 

(第6実施例)

【図8】



【図 9】

〈18層( $\lambda=750\text{nm}$ )〉

層	材料	光学膜厚	
1	TiO <sub>2</sub>	0.256	} $\geq (4/\lambda)$
2	MgF <sub>2</sub>	0.260	
3	TiO <sub>2</sub>	0.228	} $\leq (4/\lambda)$
4	MgF <sub>2</sub>	0.227	
5	TiO <sub>2</sub>	0.238	} $\leq (4/\lambda)$
6	MgF <sub>2</sub>	0.233	
7	TiO <sub>2</sub>	0.263	} $\leq (4/\lambda)$
8	MgF <sub>2</sub>	0.269	
9	TiO <sub>2</sub>	0.279	} $\leq (4/\lambda)$
10	MgF <sub>2</sub>	0.281	
11	TiO <sub>2</sub>	0.314	} $\geq (4/\lambda)$
12	MgF <sub>2</sub>	0.321	
13	TiO <sub>2</sub>	0.337	} $\geq (4/\lambda)$
14	MgF <sub>2</sub>	0.324	
15	TiO <sub>2</sub>	0.318	} $\geq (4/\lambda)$
16	MgF <sub>2</sub>	0.317	
17	TiO <sub>2</sub>	0.314	} $\leq (4/\lambda)$
18	MgF <sub>2</sub>	0.157	

(第7実施例)

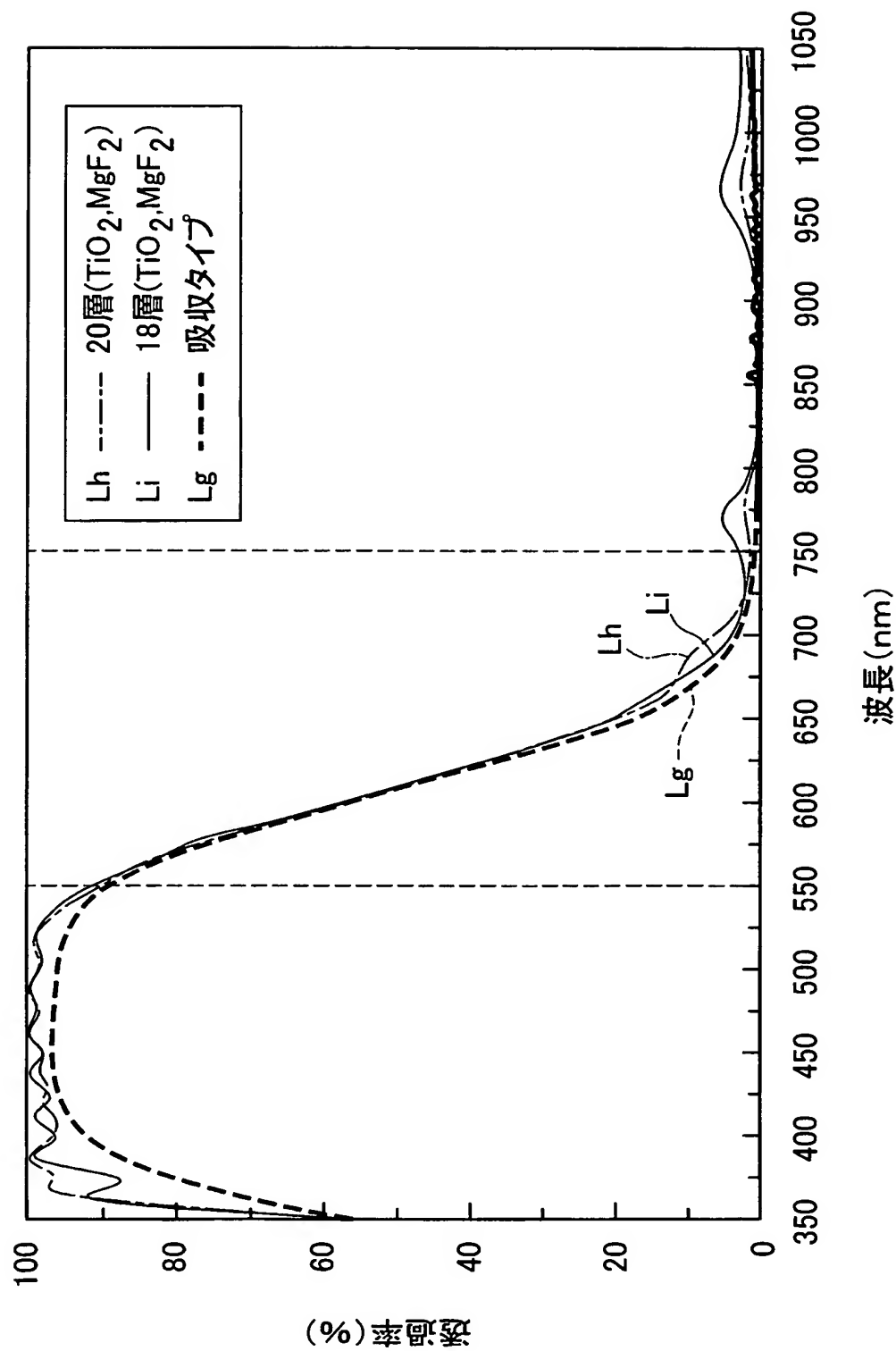
【図 10】

〈20層( $\lambda=750\text{nm}$ )〉

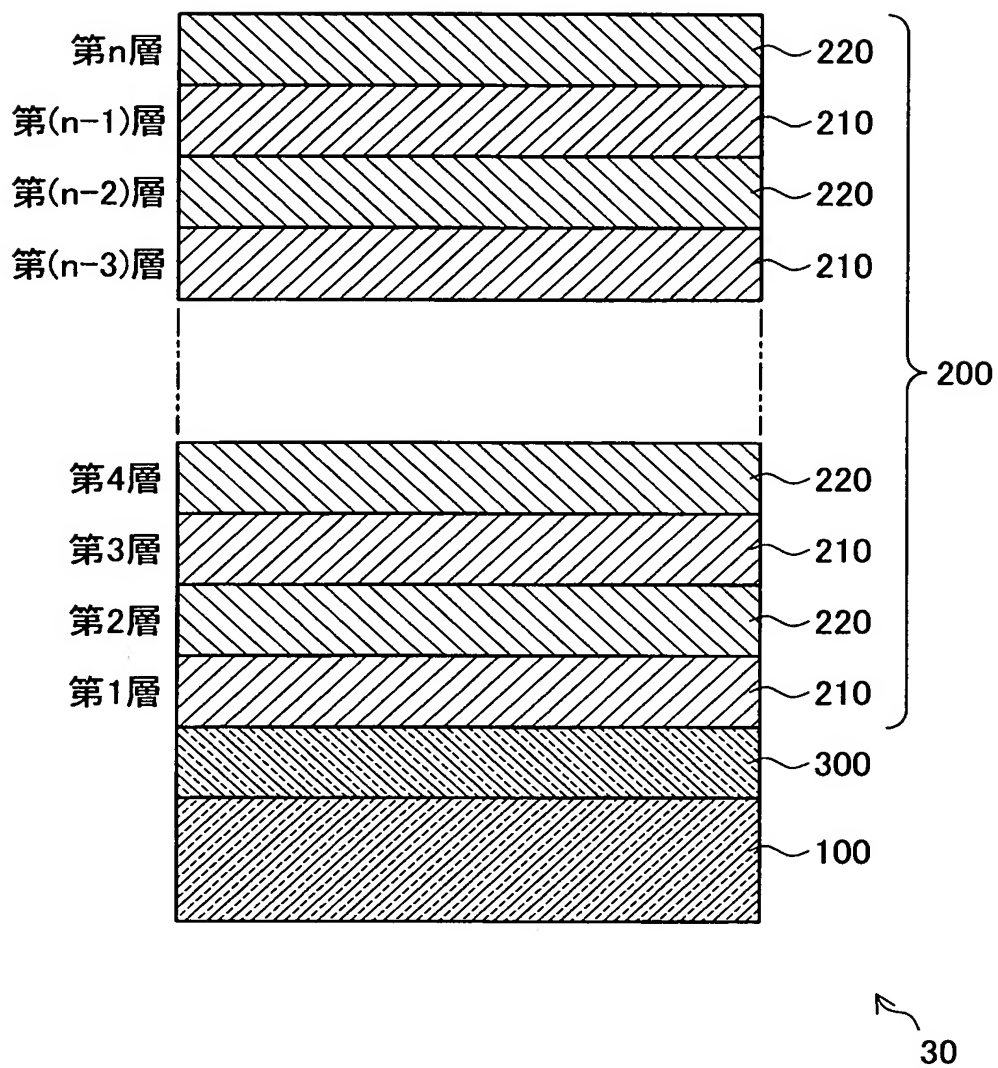
層	材料	光学膜厚	
1	TiO <sub>2</sub>	0.277	} $\geq (4/\lambda)$
2	MgF <sub>2</sub>	0.257	
3	TiO <sub>2</sub>	0.218	} $\leq (4/\lambda)$
4	MgF <sub>2</sub>	0.239	
5	TiO <sub>2</sub>	0.228	} $\leq (4/\lambda)$
6	MgF <sub>2</sub>	0.238	
7	TiO <sub>2</sub>	0.265	} $\leq (4/\lambda)$
8	MgF <sub>2</sub>	0.277	
9	TiO <sub>2</sub>	0.273	} $\leq (4/\lambda)$
10	MgF <sub>2</sub>	0.275	
11	TiO <sub>2</sub>	0.293	} $\geq (4/\lambda)$
12	MgF <sub>2</sub>	0.302	
13	TiO <sub>2</sub>	0.302	} $\geq (4/\lambda)$
14	MgF <sub>2</sub>	0.322	
15	TiO <sub>2</sub>	0.330	} $\geq (4/\lambda)$
16	MgF <sub>2</sub>	0.331	
17	TiO <sub>2</sub>	0.327	} $\geq (4/\lambda)$
18	MgF <sub>2</sub>	0.317	
19	TiO <sub>2</sub>	0.317	} $\leq (4/\lambda)$
20	MgF <sub>2</sub>	0.156	

(第8実施例)

【図 11】



【図 12】



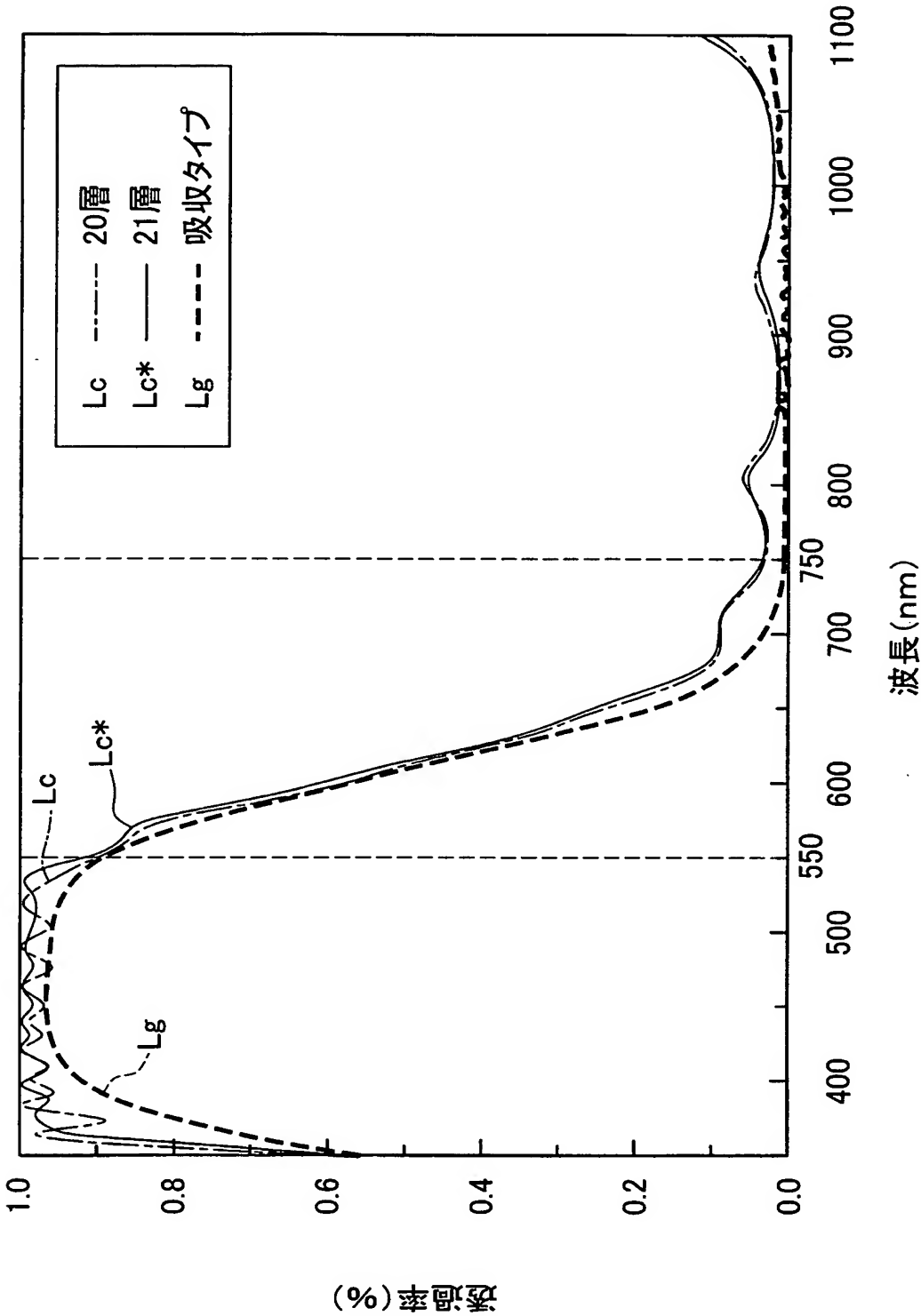
【図 13】

〈21層( $\lambda=750\text{nm}$ )〉

層	材料	光学膜厚	
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.1323	
1	TiO <sub>2</sub>	0.2570	} $\geq (4/\lambda)$
2	SiO <sub>2</sub>	0.2501	
3	TiO <sub>2</sub>	0.2235	} $\leq (4/\lambda)$
4	SiO <sub>2</sub>	0.2258	
5	TiO <sub>2</sub>	0.2344	} $\leq (4/\lambda)$
6	SiO <sub>2</sub>	0.2370	
7	TiO <sub>2</sub>	0.2588	} $\leq (4/\lambda)$
8	SiO <sub>2</sub>	0.2639	
9	TiO <sub>2</sub>	0.2788	} $\leq (4/\lambda)$
10	SiO <sub>2</sub>	0.2819	
11	TiO <sub>2</sub>	0.3026	} $\geq (4/\lambda)$
12	SiO <sub>2</sub>	0.3109	
13	TiO <sub>2</sub>	0.3209	} $\geq (4/\lambda)$
14	SiO <sub>2</sub>	0.3240	
15	TiO <sub>2</sub>	0.3320	} $\geq (4/\lambda)$
16	SiO <sub>2</sub>	0.3304	
17	TiO <sub>2</sub>	0.3399	} $\geq (4/\lambda)$
18	SiO <sub>2</sub>	0.3214	
19	TiO <sub>2</sub>	0.3115	} $\leq (4/\lambda)$
20	SiO <sub>2</sub>	0.1515	

(第9実施例)

【図 14】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 製造にかかる時間やコストを削減し、製造効率を向上させることができる反射タイプの赤外線カットフィルタおよびその製造方法を提供する。

【解決手段】 高屈折薄膜 2 1 0 と低屈折薄膜 2 2 0 とが交互に複数積層された 1 6 層以上 3 2 層以下の多層膜 2 0 0 を、ガラス基板 1 0 0 上に成膜した赤外線カットフィルタ 1 0 は、ガラス基板 1 0 0 側から第 1 層は高屈折薄膜 2 1 0 であり、最終層は低屈折薄膜 2 2 0 であり、設計波長を  $\lambda$  とするとき、第 1 層および第 2 層は  $(\lambda/4)$  以上の、第 3 層ないし所定の層は  $(\lambda/4)$  以下の、所定の層と最終層との間の層は  $(\lambda/4)$  以上の、最終層は  $(\lambda/4)$  以下の光学膜厚でそれぞれ成膜される。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 1 0 5 9 8 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 0 4 2 4 ]

- |           |                         |
|-----------|-------------------------|
| 1 . 変更年月日 | 1 9 9 0 年 1 1 月 2 6 日   |
| [変更理由]    | 住所変更                    |
| 住    所    | 愛知県名古屋市瑞穂区明前通 6 番 1 4 号 |
| 氏    名    | 株式会社エルモ社                |
|           |                         |
| 2 . 変更年月日 | 1 9 9 0 年 1 1 月 2 6 日   |
| [変更理由]    | 住所変更                    |
| 住    所    | 愛知県名古屋市瑞穂区明前町 6 番 1 4 号 |
| 氏    名    | 株式会社エルモ社                |